

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Koichiro ISHIGAMI et al.
International Application No.: PCT/JP03/14377
International Filing Date: November 12, 2003
For: LIGHT SOURCE ESTIMATION APPARATUS, LIGHT
SOURCE ESTIMATION METHOD, IMAGE-PICKUP
APPARATUS, AND IMAGE PROCESSING METHOD

745 Fifth Avenue
New York, NY 10151

EXPRESS MAIL

Mailing Label Number: EV196817017US

Date of Deposit: May 10, 2005

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" Service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to Mail Stop PCT, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Charles Jackson
(Typed or printed name of person mailing paper or fee)

Charles Jackson
(Signature of person mailing paper or fee)

CLAIM OF PRIORITY UNDER 37 C.F.R. § 1.78(a)(2)

Mail Stop PCT
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Pursuant to 35 U.S.C. 119, this application is entitled to a claim of priority to Japan
Application No. 2002-328719 filed 12 November 2002.

Respectfully submitted,

FROMMER LAWRENCE & HAUG LLP
Attorneys for Applicants

By: William S. Frommer
William S. Frommer
Reg. No. 25,506
Tel. (212) 588-0800

Rec'd PCT/PTO

10 MAY 2005

PCT/JP03/14377

12.11.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D U 5 DEC 2003

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年11月12日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-328719
[ST. 10/C]: [JP2002-328719]

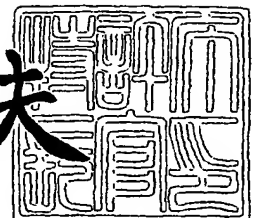
出 願 人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 9月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



Best Available Copy

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290651004

【提出日】 平成14年11月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 9/04

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 石神 光一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 加藤 直哉

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100122884

【弁理士】

【氏名又は名称】 角田 芳末

【電話番号】 03-3343-5821

【選任した代理人】

【識別番号】 100113516

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯山 弘信

【電話番号】 03-3343-5821

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 176420

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206460

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光源推定装置、光源推定方法、撮像装置および画像処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の異なる分光感度特性を持つ撮像手段が、不特定の任意の被写体を撮影した際に得るセンサ応答値から、被写体を照射していた未知の撮影光源の色を示す分光特性を推定する光源推定装置において、

上記撮像手段が有する既知である上記複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことにより上記センサ応答値を上記撮影光源に依存しない評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、

上記センサ応答値に対して、上記記憶手段に記憶されたパラメータを用いて上記撮影光源に依存しない評価空間へ投影する投影変換手段と、

上記投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて上記複数のテスト光源についての正答性を評価する評価手段と、

を備えたことによって正しい撮影光源を推定することを特徴とする光源推定装置。

【請求項 2】 複数の異なる分光感度特性を持つ撮像手段が、不特定の任意の被写体を撮影した際に得るセンサ応答値から、被写体を照射していた未知の撮影光源の色を示す分光特性を推定する光源推定方法において、

上記センサ応答値に対して、既知である撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、

その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

多様な物体表面の分光反射率を複数の反射率基底関数の結合で近似するための重み係数が物体表面に固有の分光反射率特性を表す空間、もしくはその重み係数をさらに一定の演算により変換した値が構成する空間を、上記評価用のベクトル

空間とすることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 4】 請求項 3 記載の光源推定方法において、

既知の複数の物体表面の分光反射率データを母集団として統計的分析により抽出した分光反射率成分、もしくは意図的に抽出したい分光反射率成分、もしくはそれら両方を組み合わせて、上記分光反射率を近似するための反射率基底関数とすることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 5】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

特定の分光分布を持つ一つの仮想的な基準光源下で物体表面が反射する光の分光分布値を、一定の演算により複数のチャンネルへ変換した値が構成する空間を、上記評価用のベクトル空間とすることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の光源推定方法において、

上記分光分布が波長間で一定である基準光源を用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 7】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

既知の分光分布が異なる複数の光源を上記テスト光源とし、それら各テスト光源の分光分布データもしくはそれらを適用して各テスト光源に対応させた演算用係数をあらかじめ保持しておき、上記光源推定時に参照することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 8】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

既知の多様な光源の分光分布データ、もしくはそれら分光分布データを複数の光源基底関数の重み付け線形和などの演算で近似するための係数、もしくはそれら分光分布データから一定の演算式で得られる指数の中から、複数の異なる代表的な光源を抽出して上記テスト光源としてあらかじめ保持しておき、それら各テスト光源の分光分布データもしくはそれらを適用して各テスト光源に対応させた演算用係数を上記光源推定時に参照することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 9】 請求項 8 記載の光源推定方法において、

予め保持してある複数の異なる光源の情報として、特定の光源の分光分布データもしくはそれを適用して特定の光源に対応させた演算用係数を用いて、上記光源推定時にそれらからの適当な選択や補間演算等により上記複数のテスト光源を

生成して参照することを特徴とする光源推定方法。

【請求項10】 請求項7記載の光源推定方法において、

光源の色温度値、もしくは光源の物理的発光方式、もしくはそれら両方によって分類可能な、上記複数の代表的なテスト光源を構成することを特徴とする光源推定方法。

【請求項11】 請求項2記載の光源推定方法において、

上記撮像手段のセンサ応答値のうち、全画素、もしくは撮像面の空間的位置について適当な位置、範囲、間隔でサンプリングした画素の値を使用することを特徴とする光源推定方法。

【請求項12】 請求項2記載の光源推定方法において、

上記撮像手段のセンサ応答値のうち、各チャンネルの値が特定の範囲に在る画素の値のみを使用する、もしくは各チャンネルの値が特定の範囲に在る画素を除いた全ての画素の値を使用することを特徴とする光源推定方法。

【請求項13】 請求項2記載の光源推定方法において、

上記撮像手段のセンサ応答値に対して、評価空間へ投影する時、またはその前に、一定の任意の比率もしくはあらかじめ撮像結果に応じて決定した適当な比率によって、スケーリングを行うことを特徴とする光源推定方法。

【請求項14】 請求項2記載の光源推定方法において、

上記撮像手段のセンサ応答値に対して、上記撮像手段に想定されるノイズや露出誤差等の時空間的変動量を付加してから、もしくは同変動量を付加した画素を追加してから使用することを特徴とする光源推定方法。

【請求項15】 請求項2記載の光源推定方法において、

上記各テスト光源について、評価空間に投影されたサンプル画素の値から得られる統計量、もしくはサンプル画素から生成される評価空間中の頻度分布を示す画像分布から得られる統計量、もしくはサンプル画素が分布する評価空間中の領域を示す画像色域から得られる統計量、もしくはそれらのいずれか2つ以上の組み合わせを、そのまま、もしくはそれらを一定の演算により変換した値を、あらかじめ仮定した正答性の指標として上記推定基準に用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 16】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

上記センサ応答値のセンサ空間においてサンプル画素の値から得る統計量、もしくはセンサ空間におけるサンプル画素の値を一定の演算により変換した値から得る統計量を、上記各テスト光源について評価空間に投影し、そのまま、もしくはそれらを一定の演算により変換した値を、あらかじめ仮定した正答性の指標として上記推定基準に用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 17】 請求項 15 記載の光源推定方法において、

物体表面の分光反射率に関して、各波長で 0～1 の範囲内にあるという物理的実現可能性や、平均的には波長間でフラットな特性を持つ無彩色に近い表面が多く存在するという実世界の仮説的確率分布に基づいて、あらかじめ評価空間中で特定の領域に形成可能な制限や重みを付加した統計量によって上記各テスト光源の正答性の指標を算出することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 18】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

上記各テスト光源について、評価空間に投影されたサンプル画素の値、もしくはサンプル画素から生成される評価空間中の頻度分布、もしくはサンプル画素が分布する評価空間中の領域、もしくはそれらのいずれか 2 つ以上の組み合わせに対し、あらかじめ記録してあり参照可能な同評価空間中の出現範囲を示す参照色域との相関関係を上記推定基準の指標として用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 19】 請求項 18 記載の光源推定方法において、

多様な物体表面の分光反射率データを反射率基底関数により近似する係数へ変換した値、もしくはそれらを一定の演算により変換した値の評価空間内での頻度分布から生成した重み付き分布や領域情報を上記参照色域として用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 20】 請求項 18 記載の光源推定方法において、

実在する多様なシーンを撮像した結果もしくは仮想的な多様なシーンの撮像を数値演算で予測した結果であるセンサ応答値を、上記撮像手段の分光感度特性と、各シーンの撮影時に測定した撮影光源の分光分布特性とから測色的に近似可能な演算によりシーン毎に評価空間へ投影した値の頻度分布から生成した重み付き

分布や領域情報を上記参照色域として用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 1】 請求項 1 8 記載の光源推定方法において、

物体表面の分光反射率に関して、各波長で 0 ～ 1 の範囲内にあるという物理的実現可能性や、平均的には波長間でフラットな特性を持つ無彩色に近い表面が実際には多く存在するという仮説的確率分布に基づいて決定した頻度分布から生成した重み付き分布や領域情報を上記参照色域として用いることを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 2】 請求項 1 9 記載の光源推定方法において、

上記頻度分布のいずれか、もしくはそれらの合成により上記参照色域を生成する前後において、評価空間中の分布に対して、一定の基準によって内挿、外挿、除去、空間的フィルタリング等の加工を行うことを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 3】 請求項 1 5 記載の光源推定方法において、

上記各テスト光源の正答性の指標生成において、評価空間中で各テスト光源間の差分がより大きく現れる高彩度領域を重視するために、画像色域の輪郭上またはその付近で画像分布の抽出や重み付けを行った演算を行うことを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 4】 請求項 1 5 記載の光源推定方法において、

評価空間に投影されたサンプル画素の画像分布または画像領域に対して、一定の基準によって内挿、外挿、除去、空間的フィルタリング等の加工を行ってから上記各テスト光源についての正答性の指標を算出することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 5】 請求項 1 5 記載の光源推定方法において、

一つの評価空間に投影されたサンプル画素の値から生成される複数の異なる指標、もしくは複数の異なる評価空間に投影されたサンプル画素の値から生成される複数の異なる指標を、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、新たな指標を生成して上記各テスト光源の正答性を評価することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 2 6】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

上記テスト光源の中で最も正答性の高い指標をもつものを推定光源として決定

することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 27】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

上記テスト光源の中で正答性の高い 2 つ以上の重み付け平均を推定光源として決定することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 28】 請求項 2 6 記載の光源推定方法において、

上記テスト光源の中で最も正答性の高い指標をもつ光源を一旦選定し、さらにその光源付近で細分化した異なる光源を参照して各光源の正答性の指標を生成することを繰り返すことを特徴とする光源推定方法。

【請求項 29】 請求項 2 6 記載の光源推定方法において、

上記テスト光源が物理的発光方式により分類される 2 つ以上のカテゴリを含み、各カテゴリ内で撮影光源の色温度に最も近いことを示す指標を基にした色温度判定処理と、これと同じまたは異なる指標を用いて撮影光源の物理的発光方式に最も近いことを示す指標を基にした発光方式判定処理とを行い、これら両方の判定結果により推定光源を決定することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 30】 請求項 2 6 記載の光源推定方法において、

上記テスト光源が任意の条件で分類できる 2 つ以上のカテゴリを含み、ユーザが指定したカテゴリ、もしくは上記推定手段とは異なるカテゴリ判別手段から与えられたカテゴリに属するテスト光源のみを対象に、撮影光源に最も近いことを示す指標を基に推定光源を決定することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 31】 請求項 2 記載の光源推定方法において、

上記推定により決定した撮影光源と、上記推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な推定光源として決定することを特徴とする光源推定方法。

【請求項 32】 複数の異なる分光感度特性を持つ撮像手段が、不特定の任意の被写体を撮影した際に得るセンサ応答値から、被写体を照射していた未知の撮影光源の色を示す分光特性を推定し、推定した光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、上記撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用する撮像装置において、

上記撮像手段が有する既知である上記複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことにより上記センサ応答値を上記撮影光源に依存しない評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、

上記センサ応答値に対して、上記記憶手段に記憶されたパラメータを用いて上記撮影光源に依存しない評価空間へ投影する投影変換手段と、

上記投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて上記複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定する評価手段と、

上記推定により決定した撮影光源と、上記推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定する光源推定手段と、

推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、上記撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するカラーバランス調整手段とを具備したことを特徴とする撮像装置。

【請求項 3 3】 複数の異なる分光感度特性を持つ撮像手段が、不特定の任意の被写体を撮影した際に得るセンサ応答値から、被写体を照射していた未知の撮影光源の色を示す分光特性を推定し、推定した光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用する画像処理方法において、

上記センサ応答値に対して、既知である上記撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、

その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定し、

上記推定により決定した撮影光源と、上記推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定し、

推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、上記撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するようにしたことを特徴とする画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、複数の異なる分光感度特性を持つ撮像手段が、不特定の任意の被写体を撮影した際に得るセンサ応答値から、被写体を照射していた未知の撮影光源の色を示す分光特性を推定する光源推定装置、光源推定方法、撮像装置および画像処理方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

人間の目に入射する光は照明による放射エネルギーの一部を視対象である物体が反射して空気中を伝播したものであり、視覚系は物体や照明の特性を直接観測できるわけではないが、どのような未知の色的特性を持つ照明下であってもある程度安定して物体を同定する。この特性は色恒常性と呼ばれており、例えば白い物体表面は白として認識することを可能にする。

【0 0 0 3】

一方デジタルスチルカメラやデジタルビデオカメラなどの電子撮像機器では、CCD (Charge Coupled Device) などのフォトセンサの応答によってシーンを画像として形成するが、一般にR, G, B等のカラーチャンネル間でセンサ応答のバランスが一定であるため、シーンの照明に応じて自然に見える状態で画像を形成するためにはチャンネル間のバランスを調整する補正機構が必要となる。バランスの調整が十分に行われないと、画像観察者にとって、本来無彩色であるような物体として認識される箇所に着色して画像が再現されたり、物体の記憶色が異なる色で再現されるなどの不自然な印象を与えるため、画像の色再現にとって非常に重要である。

【0 0 0 4】

チャンネル間のバランス調整は、各チャンネルのゲイン調整でホワイトバラン

スと呼ばれる無彩色の補正をしたり、チャンネル間で信号の線形マトリクス変換によって光源の演色性を補正したり（特許文献1）、撮像機器や視覚系などの異なるセンサの感度応答へマッチングを行うなどが可能である。ただしいずれにしても、そのためには補正機構がシーンに応じた適切な補正パラメータを何らかの手段で得なければならない。例えば光量に対してリニアなR、G、B3チャンネルの応答を得るセンサのホワイトバランス調整のために適当なゲイン値は、撮影シーンの光源の分光分布が既知であれば撮像系の分光感度特性とともに次の数1式、数2式のように計算できる。

【0005】

【数1】

$$\begin{bmatrix} R_w \\ G_w \\ B_w \end{bmatrix} = SI$$

S: センサ感度を示す行列(チャンネル数3×波長サンプル数n)

I: 光源の分光分布を示す列ベクトル(波長サンプル数n)

【0006】

【数2】

$$g_R = \frac{G_w}{R_w}, \quad g_G = \frac{G_w}{G_w} = 1.0, \quad g_B = \frac{G_w}{B_w}$$

【0007】

しかし撮像機器にとって、キャリブレーション等を行わない通常の撮影時のシーンに存在する被写体やそれらの照明光源に関する情報は未知であり、専用に設けたセンサもしくは撮像用センサの応答結果からシーンに適した調整パラメータ、もしくはそれを決定するための照明光源の色的特性を特定しなければならず光源推定問題や色恒常性問題として知られている。

【0 0 0 8】

視覚研究の分野においては1980年ごろから各種アルゴリズムや計算モデルが提案されており、またそれら以外の経験的知識にも基づいた手法などはカラー撮像機器に從來から実装されてきており、その推定性能は年々進歩してきている。さらに最近ではロボット等の人工的視覚系への応用も期待されている。

【0 0 0 9】

最もよく利用されているアルゴリズムの一つは、物体の表面反射率はシーンの空間的平均がグレーに近いという仮説に基づいてセンサ応答の平均値やその黒体軌跡上への投影から光源の色成分を抽出するもので（非特許文献1、非特許文献2）、単にセンサ応答を画素間で平均したり、特定の明るさレベル範囲内の画素を平均したり、空間内の位置によってサンプリングする範囲や重みを変えるなど、多様な形式で応用されている。また最も明るさレベルの高いエリアを完全拡散反射面に近い白い表面に対応すると仮定して応答値が高い画素をサンプリングした結果から光源の色成分を抽出したり（特許文献2）、明るさレベルが高いエリアが鏡面反射成分であると仮定して応答値の分布から光源を推定する手法（非特許文献3）などもある。これらは物理的には光源と独立であるはずの物体表面についての仮定に基づいているため、シーンによっては仮定から離れた被写体の状態により光源の推定結果が大きく左右されることが知られている。

【0 0 1 0】

さらに物体表面を拡散反射面とした反射モデルを仮定し、光源と物体表面それぞれの分光特性を少数次元の線形モデルで近似することで、センサ応答とは異なるベクトル空間を用いた線形演算により復元を試みるもの（非特許文献4）や、物体表面の分光反射率が物理的に0～1の範囲内に在るなどの制約条件を課して確率の高い光源を選定するもの（非特許文献5）などがあるが、応答チャンネル数が少ない一般的な撮像系において、これらは単独では十分な推定性能が得られない。さらには、演算量は増えるが、光源、物体表面、撮像系など複数の既知の仮定や確率分布を統合して統計的に推定精度を高めることを可能にする提案（非特許文献6）などもある。

【0 0 1 1】

特に反射モデルを適用した手法では、全く未知の一つの光源を答として推定するのではなく、事前知識を多用して、あらかじめ候補として設定した幾つかの光源の中から最も確からしいものを分類・検出するという決定方式では、比較的計算が単純で高速に結果を出力できるという点で有利と考えられる。これらが確からしいと判断する基準としては、センサ応答自体を一定の制約条件下で復元した誤差（非特許文献 7）を用いたり、センサ空間での色域内の分布状態を広く利用して、あらかじめ基準とした色域や重み付き分布との比較で相関関係を効率的に数値化する提案（非特許文献 8、非特許文献 9、非特許文献 10、特許文献 3）がなされている。

【0 0 1 2】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 2 - 1 4 2 2 3 1 号公報

【特許文献 2】

特開平 9 - 5 5 9 4 8 号公報

【特許文献 3】

特開平 5 - 1 9 1 8 2 6 号公報

【非特許文献 1】

G.Buchsbaum, "A Spatial Processor Model for Object Color Perception",
J.Franklin Inst. 310, 1980

【非特許文献 2】

E.H.Land, "Recent Advances in Retinex Theory", Vision Research, 26, 19
86

【非特許文献 3】

H.C.Lee, "Method for computing the scene-illuminant chromaticity from
specular highlights", J.Opt.Soc.Am A, Vol.3, No.10, 1986

【非特許文献 4】

L.T.Maloney & B.A.Wandell, "Color Constancy: A method for recovering s
urface spectral reflectance", J.Opt.Soc.Am. A, 1986

【非特許文献 5】

D.A.Forsyth, "A novel Algorithm for Color Constancy", Int.J.Comput.Vision 5, 1990

【非特許文献 6】

D.H.Brainard & W.T.Freeman, "Bayesian color constancy", J.Opt.Soc.Am. A, Vol.14, No.7, 1997

【非特許文献 7】

B.Tao, I.Tastl & N.Katoh, "Illumination Detection in Linear Space", Proc. 8th Color Imaging Conf., 2000

【非特許文献 8】

Hewlett-Packard Company, Hubel, et al. , "White point determination using correlation matrix memory", U.S.Patent 6038339

【非特許文献 9】

G.D.Finlayson, P.M.Hubel, & S.Hordley, "Color by correlation", Proc.5th Color Imaging Conf., 1997

【非特許文献 1 0】

S.Tominaga & B.A.Wandell, "Natural scene-illuminant estimation using the sensor correlation", Proc. IEEE, Vol.90, No.1, 2002

【0 0 1 3】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に光源推定アルゴリズムをデジタルカメラ内部のホワイトバランス処理のような画像処理演算で利用するためには、処理速度が速いだけでなくメモリ消費量などのコストが低いことが実装時に求められる。

【0 0 1 4】

しかし、上述した従来のアルゴリズムのうち比較的高速に分類・検出を可能にする方式（非特許文献 8、非特許文献 9、特許文献 3）であっても、図 1 0 に従来のセンサ応答空間でのテスト光源の正当性を評価する方式の概念図を示すように、候補として設定するテスト光源 1 0 1 の数 $1 \sim n$ が多いほど推定精度を高める可能性がある一方で、撮像手段 1 0 4 による被写体 1 0 3 の撮影画像のセンサ応答 1 0 5 に対する画像分布 1 0 6 と、それらテスト光源 1 0 1 に対応して記憶

媒体107に記憶された参照分布(1, 2, ... n)108との比較部109による比較評価を、撮像光源102に依存するセンサ空間の画像分布106において行って、評価結果のスコア(1, 2, ... n)110を出力し、判定部111がスコア値110に基づいて最も正しいと判断したテスト光源を推定光源Oとして判定するために、正しい光源である比較基準としての色域、重み付き分布、ターゲット値などの参照分布(1, 2, ... n)108の情報を、設定したテスト光源101の数1~nだけ記憶媒体107に保持している必要がありROM等の記憶媒体107のメモリ消費量が増えるという傾向があり、精度とコストの間に一長一短の問題があるという不都合があった。

【0015】

これらが固定した投影によって、1つの撮像につき1つの画像分布を作成し、それを仮定した複数の光源に対応する複数の参照分布と比較することを判断基準としているのに対して、本願発明では、仮定した複数の光源に対応する投影によって生成される複数の画像分布を、固定した一つの参照分布と比較することを判断基準とする。

【0016】

そこで、本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、カラー撮像機器での自動ホワイトバランス調整などの色再現品質を向上するため、センサ応答から撮影シーンの未知の光源の色特性を推定する光源推定装置、光源推定方法、撮像装置および画像処理方法を提供することを課題とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

本発明の光源推定装置は、センサ応答値に対して、撮像手段が有する既知である複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことによりセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、記憶手段に記憶されたパラメータを用いてセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影する投影変換手段と、投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価

する評価手段とを備えたことによって正しい撮影光源を推定するものである。

【0018】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

サンプリングしたセンサ応答に対して、既知である撮像系の分光感度特性とテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、光源に依存しない評価空間へ投影し、そこでの広く分布したサンプル値の状態に基づいて各テスト光源についての正当性を評価する。

【0019】

これによれば、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持しておけばよいため、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、少量のメモリ消費で高い推定精度を得ることができる。

【0020】

また、本発明の光源推定方法は、センサ応答値に対して、既知である撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定するものである。

【0021】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

光源に依存しない固定した空間を用いて評価を行うために、正しい光源である比較基準としての情報を一つの参照分布の空間についてのみ保持していればよく、評価の処理が簡略化されるため、コストが増大する課題を解決することを可能にする。さらにそのために、正しい光源である基準として参照する情報（条件やデータ）をより多く与えることができるため、推定精度を向上させるための最適化調整も容易になる。

【0022】

また、本発明の撮像装置は、センサ応答値に対して、撮像手段が有する既知である複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことによりセンサ応答値を撮影光源に依存しな

い評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、記憶手段に記憶されたパラメータを用いてセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影する投影変換手段と、投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定する評価手段と、推定により決定した撮影光源と、推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定する光源推定手段と、推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するカラーバランス調整手段とを具備したものである。

【0023】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

撮像装置において、撮影光源の推定の幅を広げることができ、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持し、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、少量のメモリ消費で高い推定精度を得ることにより、カラーバランス処理に利用することができる。

【0024】

また、本発明の画像処理方法は、センサ応答値に対して、既知である撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定し、推定により決定した撮影光源と、推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定し、推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するようにしたものである。

【0025】

従って本発明によれば、以下の作用をする。

画像処理方法において、撮影光源の推定の幅を広げることができ、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持し、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、早い処理で高い推定精度を得ることにより、カラーバランス処理に利用することができる。

【0 0 2 6】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態について適宜図面を参照しながら説明する。

図 1 に本発明の実施の形態に適用される光源に依存しない評価空間でテスト光源の正当性を評価する方式の概念図を示す。

【0 0 2 7】

図 1 において、撮像手段 4 により撮影光源 2 での被写体 3 を撮像する。このときの撮像手段 4 によりサンプリングしたセンサ応答 5 に対して、光源に依存しない評価空間へ投影するために、既知である撮像手段 4 の分光感度特性とテスト光源 (1 ~ n) 1 の分光特性とから予め測色的に近似した演算を行い記憶媒体 7 に記憶された各テスト光源に対応する行列 (1 ~ n) 8 を用いて、投影変換部 6 により評価空間の画像分布 9 へ投影し、その画像分布 9 に広く分布したサンプル値の状態に基づいて各テスト光源 (1 ~ n) 1 についての正当性を参照分布 1 1 に基づいて評価部 1 0 により評価しスコア値 1 2 を出力し、判定部 1 3 がスコア値 1 2 に基づいて最も正しいと判断したテスト光源を推定光源 0 として判定する。

【0 0 2 8】

これによれば、センサ空間から評価空間の画像分布 9 へ投影するための行列 (1 ~ n) 8 等のパラメータのみを各テスト光源 (1 ~ n) 1 について記憶媒体 7 に保持しておけばよいため、評価空間の画像分布 9 での唯一の参照分布 1 1 による評価基準をあたえることで、判定部 1 3 が高い精度で判定を行うに十分な情報量を持つスコア (1, 2, . . . n) 1 2 を、記憶媒体 7 は少量のメモリ消費で評価部 1 0 が出力することができる。

【0 0 2 9】

図 2 に本発明の実施の形態に適用されるデジタルスチルカメラ内の画像処理系

のブロック図を示す。

【0030】

各画素で異なる分光感度特性による R e d, B l u e, G r e e n の 3 チャンネルのセンサ応答を光量に比例した 1 0 b i t のデジタル値で得ることができ、その同装置内部の画像処理演算器において、各チャンネル毎に適当なゲイン値によってホワイトバランス調整のための処理を施すデジタルスチルカメラを想定する。

【0031】

センサ応答読み出し部 2 1 で読み出した値から黒補正部 2 2 でオフセット成分を差し引いたセンサ応答に基づいてホワイトバランス調整用の適当なゲイン値を決定するために、サブサンプリング部 2 3 により全画素の中から適当な位置間隔でサブサンプリングを行う。その際に、センサ応答が最小値や最大値付近で飽和していると判断できる範囲にある画素は除外する。これらのサンプル画素に対して光源推定処理部 2 4 により後述の光源推定処理を行う。

【0032】

その結果、あらかじめ数 1 式、数 2 式に示す計算によりゲイン決定部 2 5 に保持してあるテスト光源毎のホワイトバランス調整用のゲイン値から推定光源に対応するものを選択し、ホワイトバランス用ゲイン調整部 2 6 のホワイトバランス処理へ適用する。

【0033】

その後、階調変換部 2 7 による非線形な階調変換と、色空間変換部 2 8 での 3 x 3 のマトリクス変換により Y, C b, C r (輝度式差信号) 各 8 b i t へ変換し、符号化部 2 9 による画像圧縮処理を含めた符号化を行ってファイル書き込み部 3 0 によりメモリカードへ電子ファイルとして記録する。

【0034】

本実施の形態での光源推定では、センサ応答に関して、次のような物体表面の線形な反射モデルを数 3 式で仮定する。

【0035】

【数 3】

$$f = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = SLr$$

L: 波長サンプル数 n の光源の分光分布を収めた対角行列 ($n \times n$)

r: 物体表面の分光反射率を示す列ベクトル (波長サンプル数 n)

【0 0 3 6】

本実施の形態は物体表面の分光反射率が 3 つの基底関数の線形結合で近似できるものとした数 4 式の行列計算によって説明する。

【0 0 3 7】

【数 4】

$$r \cong r_e = B_w = [b_1 \ b_2 \ b_3] \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix}$$

B:分光反射率の基底関数を示す行列(波長サンプル数 n ×基底数3)

b_1 、 b_2 、 b_3 :分光反射率の各基底関数を示す列ベクトル(波長サンプル数 n)

w :重み係数を収めた列ベクトル(基底数3)

β_1 、 β_2 、 β_3 :分光反射率を各基底関数の線形和で示すための各重み係数

r_e :分光反射率の近似値を示す列ベクトル(波長サンプル数 n)

【0038】

基底関数の重み係数は分光反射率が既知であれば次の数5式のように近似値を算出できる。

【0039】

【数5】

$$w = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} = B^t(BB^t)^{-1}r$$

【0040】

数5式の w はセンサや撮影光源には依存しないため、基底関数の重み係数によるベクトル空間（以下、反射率ベクトル空間と呼ぶ）は物体に固有の空間と言える。図5に示す分光反射率基底関数は基底関数の例を波長が400nm～700nmの範囲において示しており、 β_1 が明るさ成分を表すために第1成分を波長間でフラットに設定し、第2・第3成分は特定の24枚の色票の分光反射率データから第1成分をオフセットとして除外してから主成分分析を行って上位二成分を抽出したものである。また数3式、数4式より基底数とセンサ応答のチャンネル数が同じ場合、センサ応答から行列により投影した列ベクトルは次の数6式のように計算できる。

【0041】

【数6】

$$\tilde{w} = \begin{bmatrix} \tilde{\beta}_1 \\ \tilde{\beta}_2 \\ \tilde{\beta}_3 \end{bmatrix} = (SLB)^{-1} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

【0042】

数6式の行列 M がセンサ応答を反射率ベクトル空間へ投影するが、光源 L に依存する行列であり、ここでは以下で光源行列と呼ぶ。センサ応答から投影した w は、光源 L にセンサ応答を得たシーンと同一の光源を用いれば、被写体の分光

反射率が未知であっても近い値を復元することになる。しかし撮影シーンと異なる光源を用いればその復元精度は得られない。したがって任意の光源 L_i を仮定し、数 7 式に示す光源行列 M_i を用いる。

【0043】

【数 7】

$$M_i = (SL_i B)^{-1}$$

【0044】

数 7 式により取得した光源行列 M_i を用いて数 6 式で投影した列ベクトル w_i と被写体の正しい列ベクトル w との関係によって反射率ベクトル空間において撮影光源との類似度を評価できる。図 6 は反射率ベクトル空間内の $\beta_2 - \beta_3$ 平面で、既知の表面の分光反射率から近似した点の分布と、撮影した同じ表面のセンサ応答から撮影時と同じ光源の光源行列で投影した点の分布がそれに近い状態にあること、撮影時と異なる光源の光源行列で投影した点が異なる分布状態にあることを 24 枚の色票についてのシミュレーション結果で示す。

【0045】

被写体がとり得る列ベクトル w は反射率ベクトル空間内に広く分布し、単一画素のセンサ応答から得られる列ベクトル w_i では未知の被写体との関係を評価することが困難である。したがってここでは撮影シーンが一つの光源で一様に照らされていると仮定し、画像全体からサンプリングした画素のセンサ応答を反射率ベクトル空間内へ投影し、それらの分布状態（以下、画像分布と呼ぶ）を評価することによって一つの推定光源を決定する。評価対象とする光源（以下、テスト光源と呼ぶ）は複数設け、全ての光源行列を上述した数式 7 に従ってあらかじめ算出して保持しておく。

【0046】

推定処理時には全てのテスト光源について各光源行列を適用して投影した画像分布を評価し、全てのテスト光源の中から正しさを示す評価指標が最も高かったものを推定光源として選択する。ここではテスト光源として色温度が約 2850

～8000 [K] の範囲の自然光を想定し、推定誤差のばらつきを少なくするために図 7 A に示すように C I E 1 9 7 6 U C S 色度図の $u' - v'$ 平面上でできるだけ等間隔になるような CIE 昼光軌跡上から 7 つを設定した。本実施の形態では、テスト光源のいずれかの選択が推定結果となるため、テスト光源は、図 7 B に示すように $u' - v'$ 平面上で色温度方向に意図的な特定区間だけ詳細に分割したり、図 7 C に示すように蛍光灯など物理的な発光方式が異なるものなども加えて多様なシーンで正しい推定結果を得る確率を高めたりしてもよい。

【0047】

画像分布の分布状態が被写体の正しい状態にあるかどうかを相対的に評価するために、反射率ベクトル空間での比較基準とする固定した一つの分布状態（以下、参照分布と呼ぶ）を参照する。参照分布は $\beta 2 - \beta 3$ の平面上で均等な間隔に分割した各セルについて重み係数を持たせた 2 次元の数値テーブルの形式のデータとして保持しておく。この参照分布の生成は例えば次のような手順で作成する。

【0048】

具体的な参照分布の生成処理のフローチャートを図 3 に示す。

【0049】

ステップ S 1 で、被写体として想定できる多くの物体表面の分光反射率データを収集し、できるだけ多様な代表的サンプルを抽出する。

【0050】

ステップ S 2 で、分光反射率のサンプルデータを数式 5 により反射率ベクトル空間へ投影する。（図 8）

【0051】

ステップ S 3 で、反射率ベクトル空間の $\beta 2 - \beta 3$ 平面において、長方形領域がサンプルの分布を包含するように各軸の下端 $low 2$, $low 3$ 、上端 $high 2$, $high 3$ 、セル分割数 $bin 2$, $bin 3$ を定めて、セル領域を設定する。

【0052】

ステップ S 4 で、各セル範囲内に位置するサンプルデータの個数を集計して頻

度分布を生成する。

【0053】

セル座標 (x , y) は次の数8式で計算する。

【0054】

【数8】

$$x = \text{floor}((\beta_2 - \text{low}_2) \times \text{bin}_2 / (\text{high}_2 - \text{low}_2))$$

$$y = \text{floor}((\beta_3 - \text{low}_3) \times \text{bin}_3 / (\text{high}_3 - \text{low}_3))$$

ここで $\text{floor}()$ は小数点の切捨て演算を示す

【0055】

ステップS5で、各セルの頻度を適当なビット深度で符号化した値 T_{rxy} を記録する。

【0056】

ステップS6で、参照分布の分布範囲の輪郭を形成するために、値が存在するセルを突状に包括する多角形を計算し、その内部に位置して値が存在しないセルに値1を与えることで、輪郭内のセルに穴埋めを行う。図9にビット深度を2で生成した参照分布の例をセル内の数値で示す。

【0057】

具体的な光源推定処理のフローチャートを図4に示す。

推定処理時にはまず各テスト光源について、図4の中で示す次のような手順でスコア値の算出を繰り返す。

【0058】

ステップS11で、テスト光源別の投影行列を選択する。具体的には、図1に示す投影変換部6は記憶媒体7からテスト光源 i の光源行列 M_i を選択する。

【0059】

ステップS12で、サンプル画素の読み出しを行う。具体的には、図1に示す投影変換部6は撮像手段4からサンプル画素の読み出しを行う。

【0060】

ステップS13で、行列変換を行う。具体的には、図1に示す投影変換部6はテスト光源 i の光源行列 M_i によりサンプル画素のセンサ応答5を反射率ベクトル空間へ投影する。

【0061】

ステップS14で、画像分布の生成を行う。具体的には、図1に示す投影変換部6は参照分布11と同一のセル位置での画像分布9を作成する。画像分布9は参照分布11の生成時と同様に各セルの頻度を適当なビット深度で符号化した値 Th_{ixy} である。ここではビット深度を1とし、1画素以上が存在したセルに値1を与えそれ以外のセルは0とした画像分布の例を、図9に示す参照分布テーブルのセル内のグレーで表示する。

【0062】

ステップS15で、全サンプル画素について繰り返しを行って、ステップS12へ戻ってステップS12～ステップS15までの処理および判断を繰り返す。具体的には、図1に示す投影変換部6は各画素について画像分布9を記録するだけでなく、参照分布11で値が存在するセル（図9で太枠表示）に位置していた画素をカウントしていく。

【0063】

ステップS16で、テスト光源別のスコア値を算出する。ここで、スコア値12は画像分布9と参照分布11との相関値等である。具体的には、図1に示す評価部10は、次のような3種類の指標を算出する。

【0064】

第1に、分布相関として、反射率ベクトル空間内での分布状態に関して、参照分布11と画像分布9との相関関係を示す一つの指標として、画像分布9をセル毎の参照分布11の重み付きの和を数9式で算出する。

【0065】

【数9】

$$Ic_i = \sum_{x=1}^{bin2} \sum_{y=1}^{bin3} Tr_{xy} Th_{ixy}$$

【0066】

第2に、画素数割合として、画素のサンプル数に関して、参照分布11を基準とした比較指標として、全サンプル画素数のうち参照分布11の色域内（図9で太枠表示）に在る画素数の比率を数10式で算出する。

【0067】

【数10】

$$Ip_i = (Tr_{ixy} > 0 \text{ であるセル座標 } x,y \text{ に位置する画素数}) / (\text{全サンプル画素数})$$

【0068】

第3に、分布サイズとして、反射率ベクトル空間内の画像分布のみについて、誤った光源マトリクスによる投影では正しい光源マトリクスとの差が大きいほど β_2 軸方向に分散して分布範囲が広くなるという仮定の基に次のような指標を数11式で算出する。

【0069】

【数11】

$$Ir_i = (Max2_m - Min2_m) / (Max2_i - Min2_i)$$

$Max2_i$: テスト光源 i の光源行列により投影した β_2 の最大値

$Min2_i$: テスト光源 i の光源行列により投影した β_2 の最小値

m : 全テスト光源中で $Max2_i - Min2_i$ が最小となる光源 i

【0070】

ここで、図1に示す評価部10は、3種類の指標の積算で光源 i のスコア値12を数式12で取得する。

【0071】

【数 12】

$$S_i = I_{c_i} \cdot I_{p_i} \cdot I_{r_i}$$

【0072】

ステップS17で、全テスト光源について繰り返しを行って、ステップS11へ戻ってステップS11～ステップS17までの処理および判断を繰り返す。

【0073】

ステップS18で、推定光源の選択を行う。具体的には、図1に示す評価部10は、全テスト光源1のスコア値12を取得した後、判定部13が最も高いスコア値12を持つ光源iを推定光源として決定する。

【0074】

その他のスコア値の高いテスト光源を利用した重み付け平均などによって中間的な光源を推定光源として決定してもよい。

【0075】

またはスコア値が高かった図7Aに示すu'-v'平面上のテスト光源に近い特定区間だけ色温度方向にさらに細分化した複数のテスト光源を新たに生成し、それらの新たに設けたテスト光源に対するスコア計算とそれによる判定を段階的に行うことで、推定結果の分解能を向上させてもよい。

【0076】

テスト光源として高効率型蛍光ランプや三波長型蛍光ランプなど物理的発光方式などにより異なるカテゴリに分類できるものが複数含まれる場合には、各カテゴリ内での評価と、カテゴリ間の評価とで異なる指標を利用して算出し、別々のスコア値を組み合わせる推定光源を判断してもよい。

【0077】

時間的に連続してシーンの光源推定処理を続ける場合には、間隔の近い過去に取得された指標や推定結果と組み合わせる最新の推定光源を判断してもよい。

【0078】

反射率ベクトル空間内でテスト光源の正答性を評価するのに、 $\beta 2 - \beta 3$ 平面での分布状態だけでなく、 $\beta 1 - \beta 3$ や $\beta 1 - \beta 2$ の他の2次元空間の分布で評

価したり、各軸の1次元の分布を評価したり、三次元での分布状態を評価してもよい。

【0079】

例えば、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ をそれぞれ $\beta 1$ で除算した $\beta 2 / \beta 1 - \beta 3 / \beta 1$ 平面のようにベクトルチャンネル間の相対値による2次元空間を用いることにより、シーン毎の露出のばらつきや同一シーン内での照明強度のムラなどによる評価への影響を抑えることができる。

【0080】

なお、上述した本実施の形態に限らず、本発明の特許請求の範囲内であれば適宜他の構成をとりうることはいうまでもない。

【0081】

【発明の効果】

本発明の光源推定装置は、センサ応答値に対して、撮像手段が有する既知である複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことによりセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、記憶手段に記憶されたパラメータを用いてセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影する投影変換手段と投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価する評価手段とを備えたことによって正しい撮影光源を推定するものであるので、サンプリングしたセンサ応答に対して、既知である撮像系の分光感度特性とテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、光源に依存しない評価空間へ投影し、そこでの広く分布したサンプル値の状態に基づいて各テスト光源についての正当性を評価することができるという効果を奏する。

【0082】

これによれば、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持しておけばよいため、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、少量のメモリ消費で高い推定精度を得ることができるという効果を奏する。

【0083】

また、本発明の光源推定方法は、センサ応答値に対して、既知である撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定するものである。光源に依存しない固定した空間を用いて評価を行うために、正しい光源である比較基準としての情報を一つの参照分布の空間についてのみ保持していればよく、評価の処理が簡略化されるため、コストが増大する課題を解決することができる。さらにそのために、正しい光源である基準として参照する情報（条件やデータ）をより多く与えることができるため、推定精度を向上させるための最適化調整も容易にすることができるという効果を奏する。

【0084】

本発明は仮定した複数のテスト光源から最も適当な光源を判別する方式であるが、従来から提案されていたように光源に依存する空間で評価を行うには各光源毎に評価基準が必要であり、評価基準としてのデータ量がテスト光源のパターン数に比例して増えるために、評価基準のデータ量がテスト光源の数を減らして推定精度を犠牲にするか、精度を優先してメモリコストを増大させるしかない。本発明では、テスト光源毎に少量のメモリで済む空間変換用の係数を設け、評価は光源に依存しない固定した空間を用いて行うために、正しい光源である比較基準として参照する情報（条件やデータ）を一つの空間についてのみ保持していればよく、コストを増大させずに推定精度を上げることができ、従来の技術に比べて優位なものである。

【0085】

また、本発明の撮像装置は、センサ応答値に対して、撮像手段が有する既知である複数の異なる分光感度特性と予め仮定した複数のテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算を行うことによりセンサ応答値を撮影光源に依存しない評価空間へ投影するためのパラメータをテスト光源毎に記憶した記憶手段と、記憶手段に記憶されたパラメータを用いてセンサ応答値を撮影光源に依存しない

評価空間へ投影する投影変換手段と、投影変換手段により投影された画像シーンのサンプル値の画像分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定する評価手段と、推定により決定した撮影光源と、推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定する光源推定手段と、推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するカラーバランス調整手段とを具備したものである。撮像装置において、撮影光源の推定の幅を広げることができ、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持し、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、少量のメモリ消費で高い推定精度を得ることにより、カラーバランス処理に利用することができるという効果を奏する。

【0086】

また、本発明の画像処理方法は、センサ応答値に対して、既知である撮像手段の分光感度特性と、仮定したテスト光源の分光特性とから測色的に近似可能な演算により、撮影光源に依存しない評価空間へ投影し、その投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源についての正答性を評価することによって正しい撮影光源を推定し、推定により決定した撮影光源と、推定とは異なる推定手法で決定した光源とを、数式により結合、もしくは条件分岐により選択、もしくはそれら両方の組み合わせにより、最終的な撮影光源を推定し、推定光源として決定し、推定した撮影光源の色である分光特性もしくはそれに適したパラメータを、撮像手段のセンサ応答に対するカラーバランス処理に利用するようにしたものである。画像処理方法において、撮影光源の推定の幅を広げることができ、センサ空間から評価空間へ投影するための行列等のパラメータのみを各テスト光源について保持し、唯一の評価空間での評価基準をあたえることで、メモリ消費を抑えた処理で高い推定精度を得ることにより、カラーバランス処理に利用することができるという効果を奏する。

【0087】

本発明は撮像系の応答から撮影シーンの光源を高精度に推定することを目的とした一つの枠組みを提供することができる。撮像系において未知のシーンの光源を推定することができると、撮像機器での画像のホワイトバランス調整やカラーマッチング調整などのパラメータを正確に決定することが可能であり、撮影シーンの正確な色再現を行ったり、意図する特定の色再現が得られるように正確に補正をして、画像を記録・表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態に適用される光源に依存しない評価空間でテスト光源の正当性を評価する方式の概念図である。

【図 2】

デジタルスチルカメラ内の画像処理ブロック図である。

【図 3】

参照分布の生成処理を示すフローチャートである。

【図 4】

光源推定処理を示すフローチャートである。

【図 5】

分光反射率基底関数を示す図である。

【図 6】

色票を反射率ベクトル空間へ投影した例を示す図である。

【図 7】

テスト光源を示す図であり、図 7 A は等間隔、図 7 B は特定区間の詳細分割、図 7 C は複数光源タイプである。

【図 8】

反射率サンプルの分布を示す図である。

【図 9】

参照分布テーブルを示す図である。

【図 10】

従来のセンサ応答空間でテスト光源の正当性を評価する方式の概念図である。

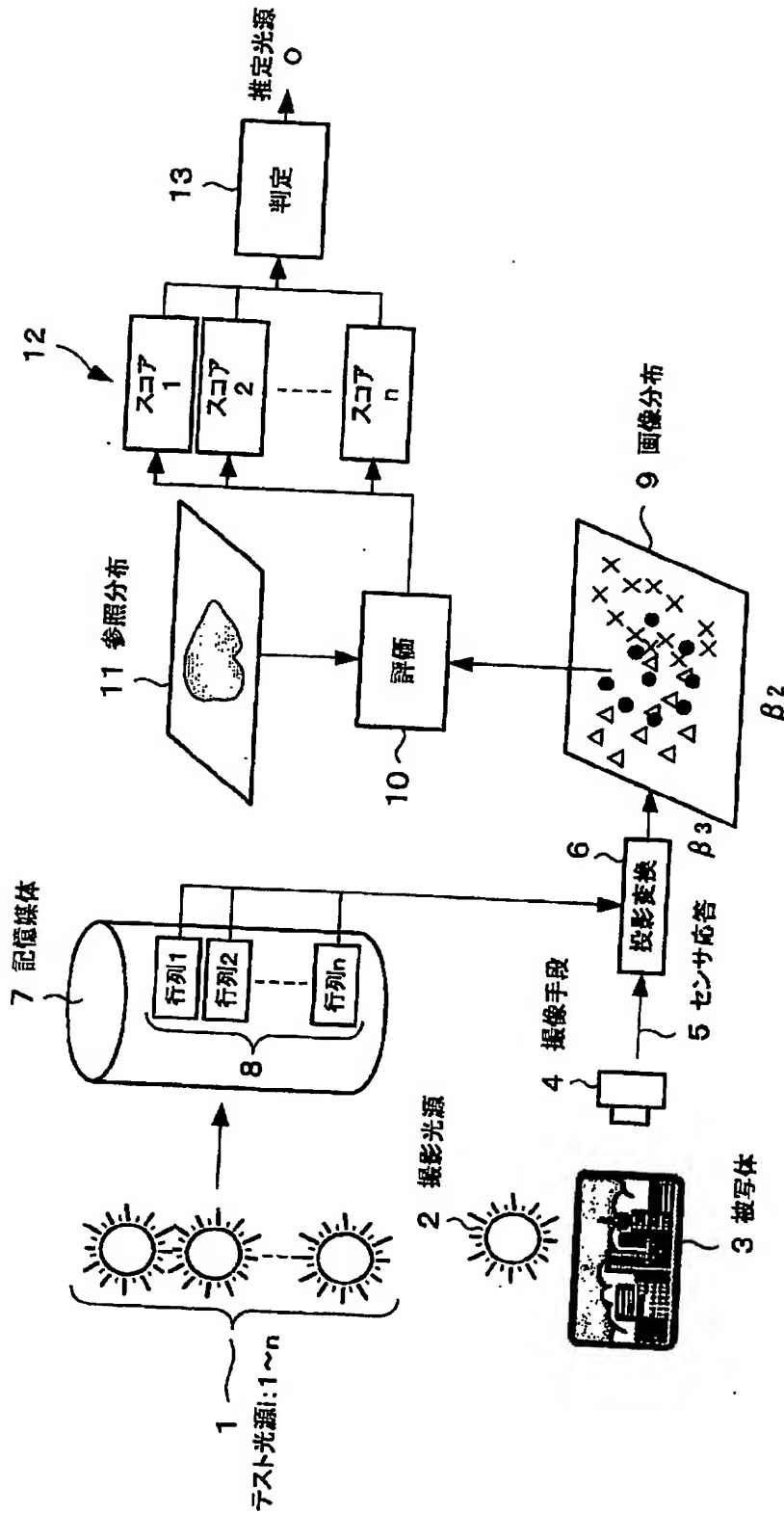
【符号の説明】

1 ……テスト光源 1 ～ n、2 ……撮像光源、3 ……被写体、4 ……撮像手段、5
……センサ応答、6 ……投影変換部、7 ……記憶媒体、8 ……行列 1 ～ n、9 ……
…画像分布、1 0 ……評価部、1 1 ……参照分布、1 2 ……スコア 1 ～ n、1 3
……判定部、2 1 ……センサ応答読み出し部、2 2 ……黒補正部、2 3 ……サン
プリング部、2 4 ……光源推定部、2 5 ……ゲイン決定部、2 6 ……ホワイトバ
ランス用ゲイン調整部、2 7 ……諧調変換部、2 8 ……色空間変換部、2 9 ……
符号化部、3 0 ……ファイル書き込み部

【書類名】

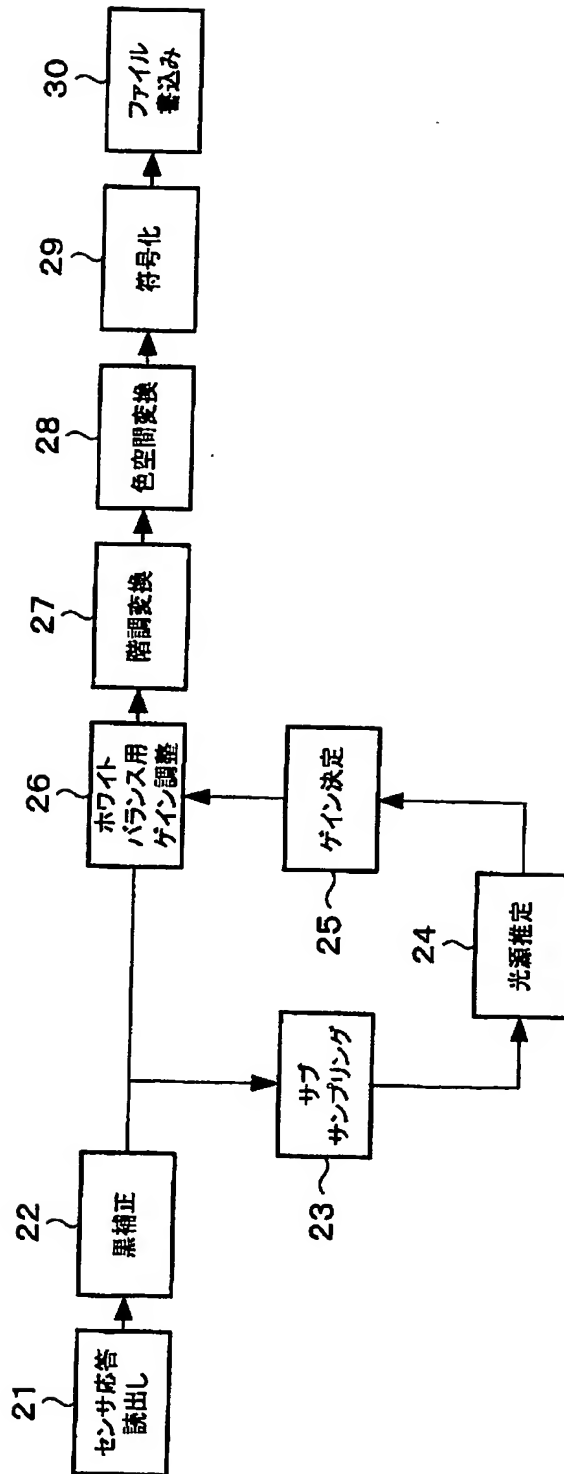
図面

【図 1】



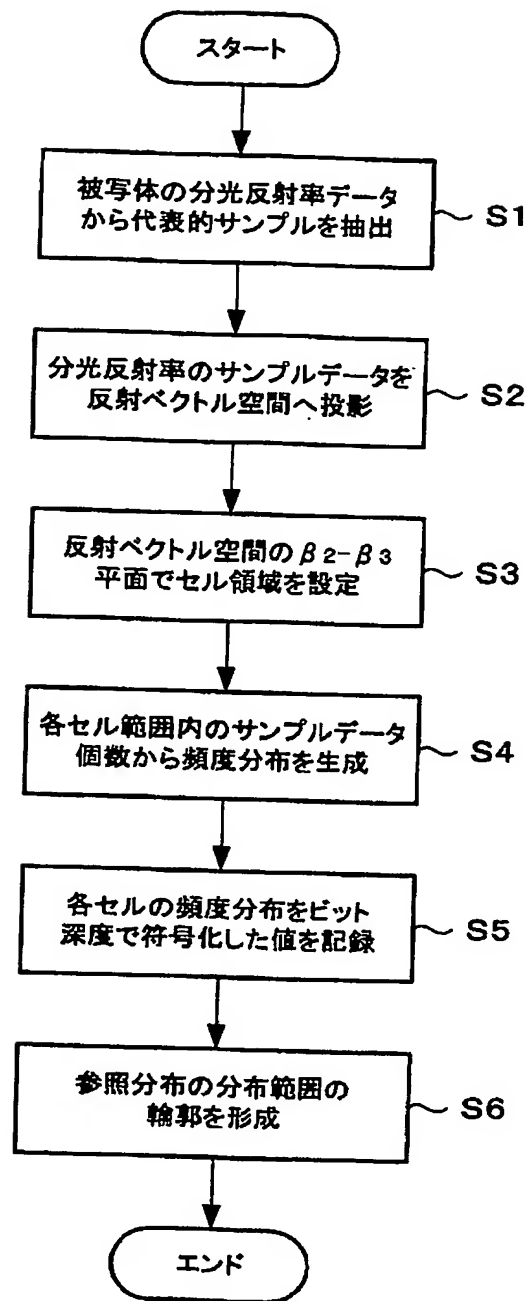
本実施の形態に適用される
光源に依存しない評価空間でテスト光源の正当性を評価する方式の概念図

【図 2】



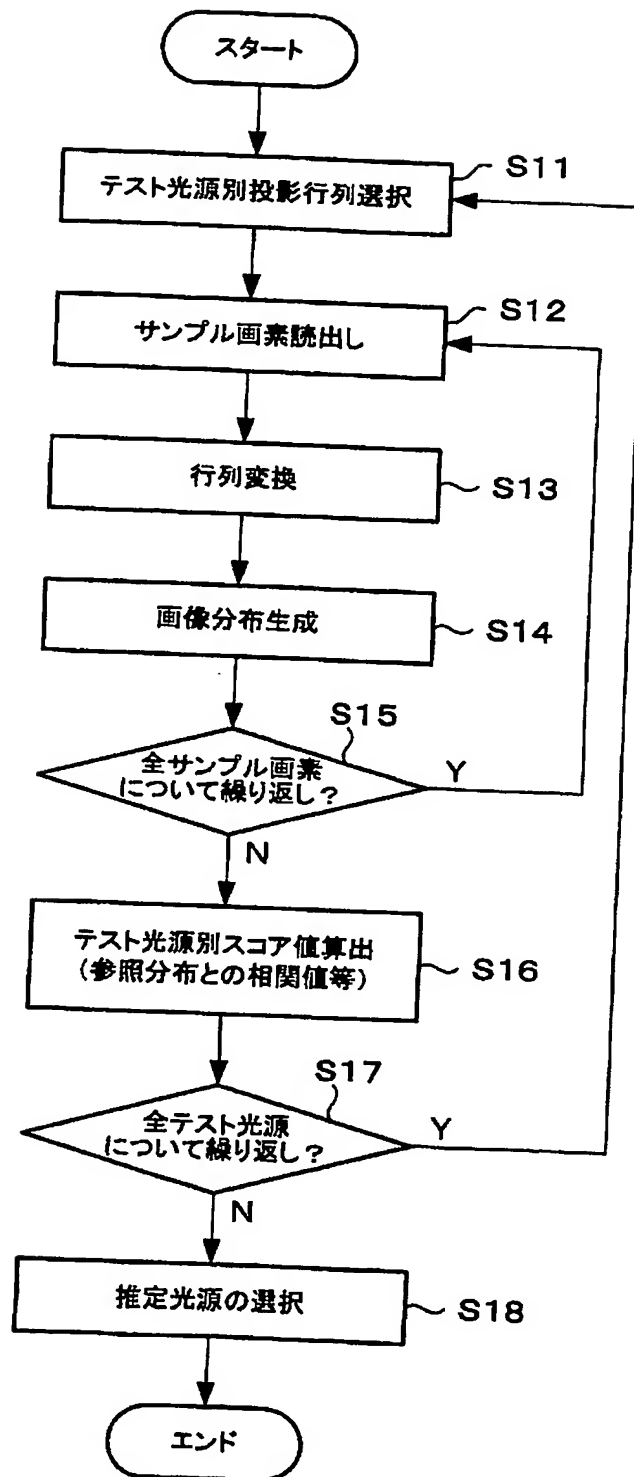
デジタルスチルカメラ内の画像処理ブロック図

【図 3】



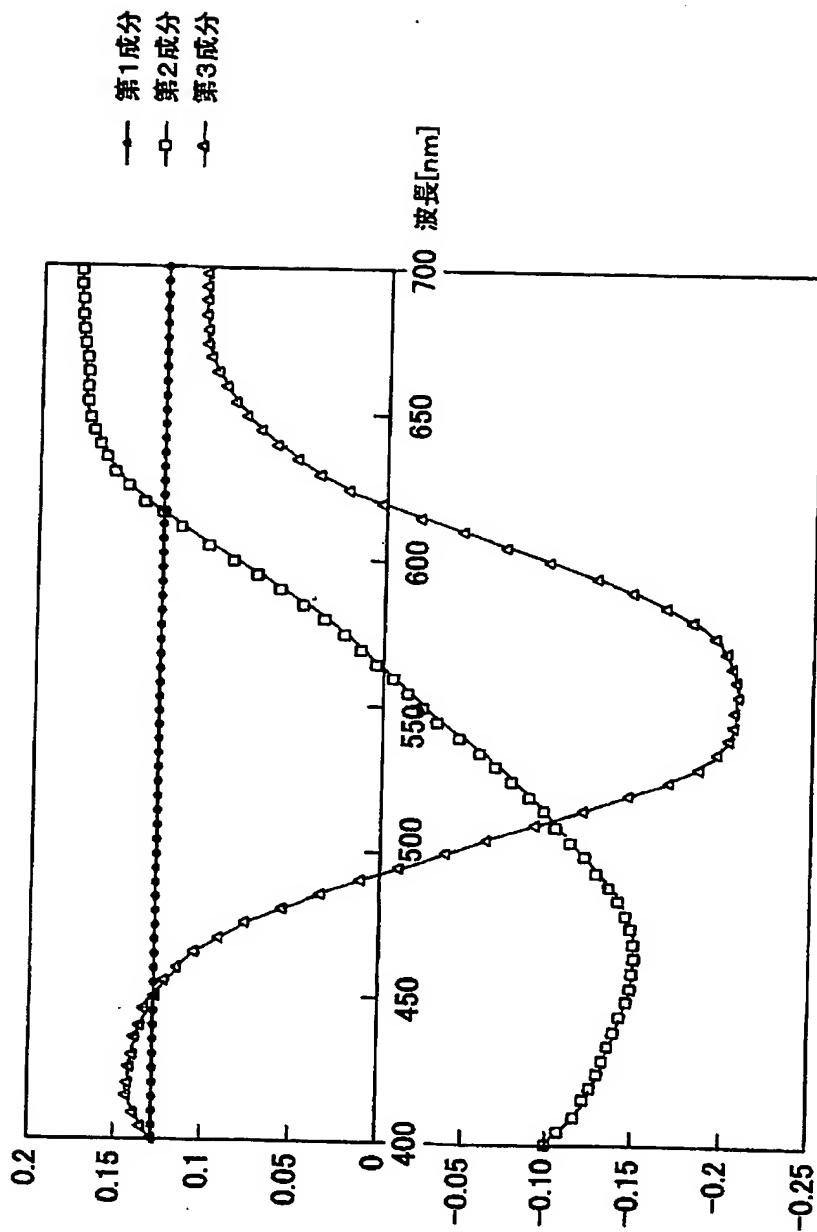
参照分布の生成処理を示すフローチャート

【図 4】



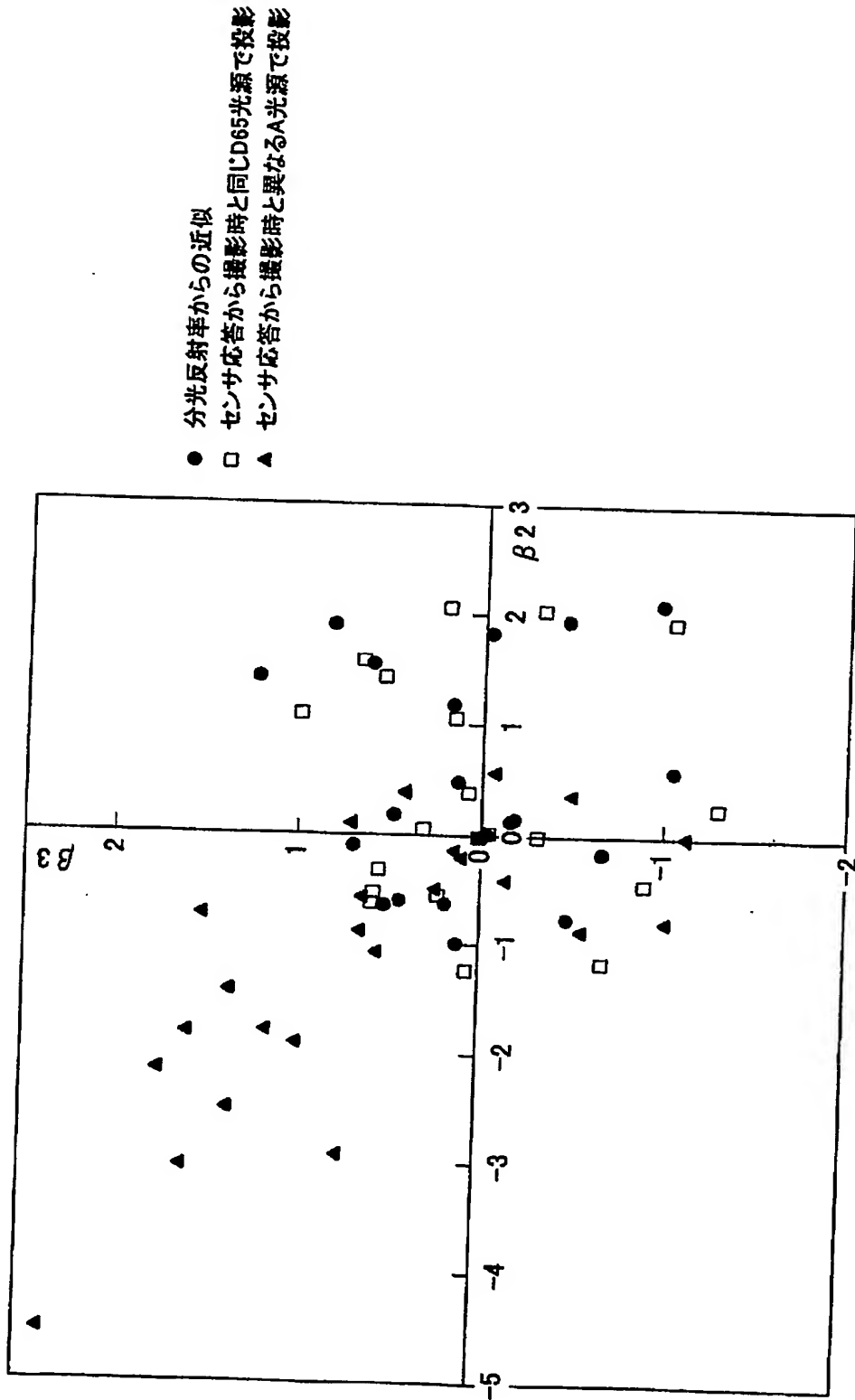
光源推定処理を示すフローチャート

【図 5】



分光反射率基底関数

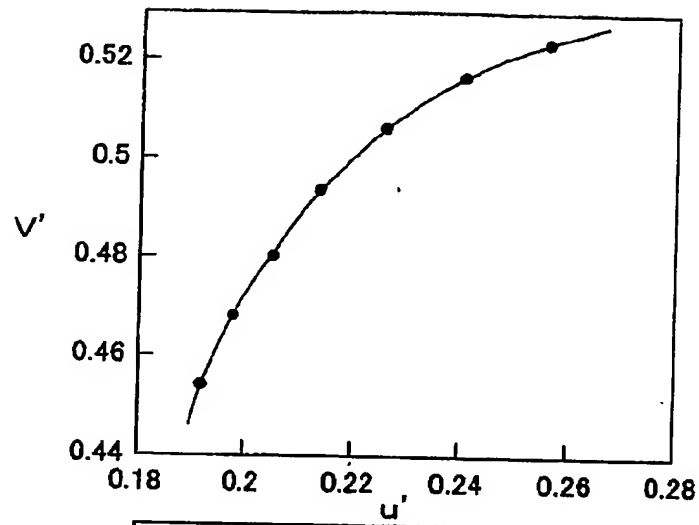
【図 6】



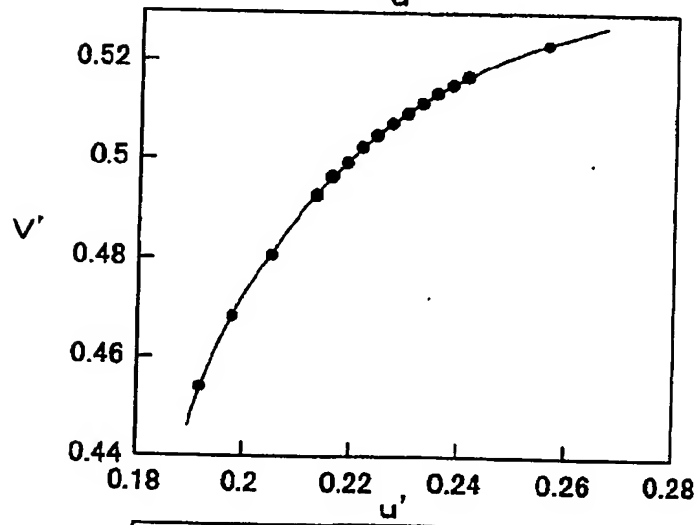
色票を反射率ベクトル空間へ投影した例

【図 7】

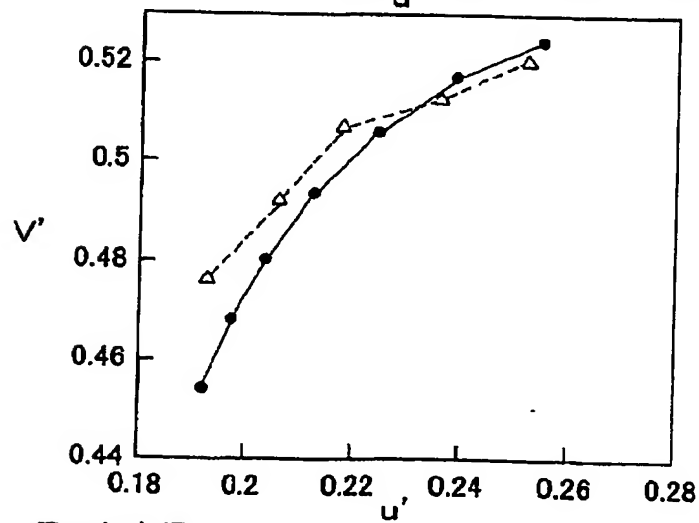
A
等間隔



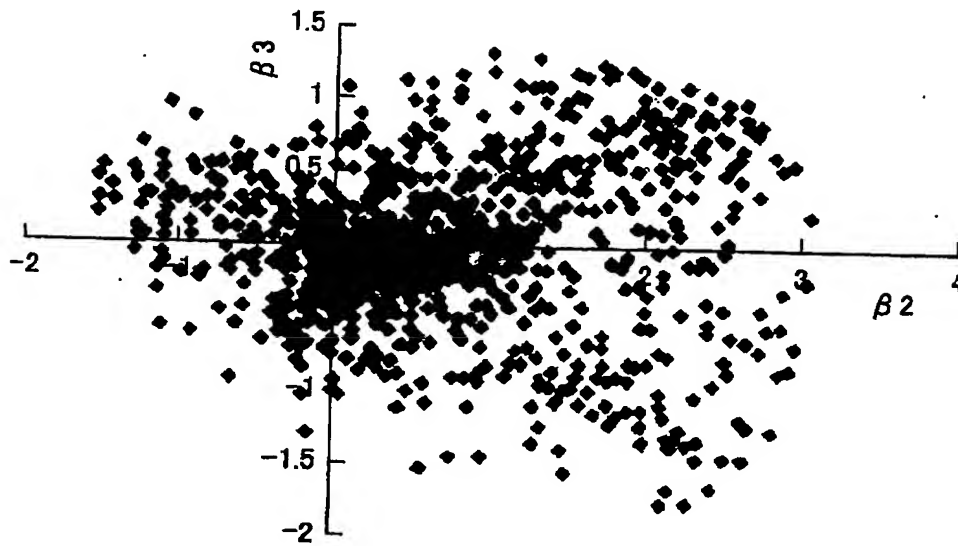
B
特定区間詳細分割



C
複数光源タイプ

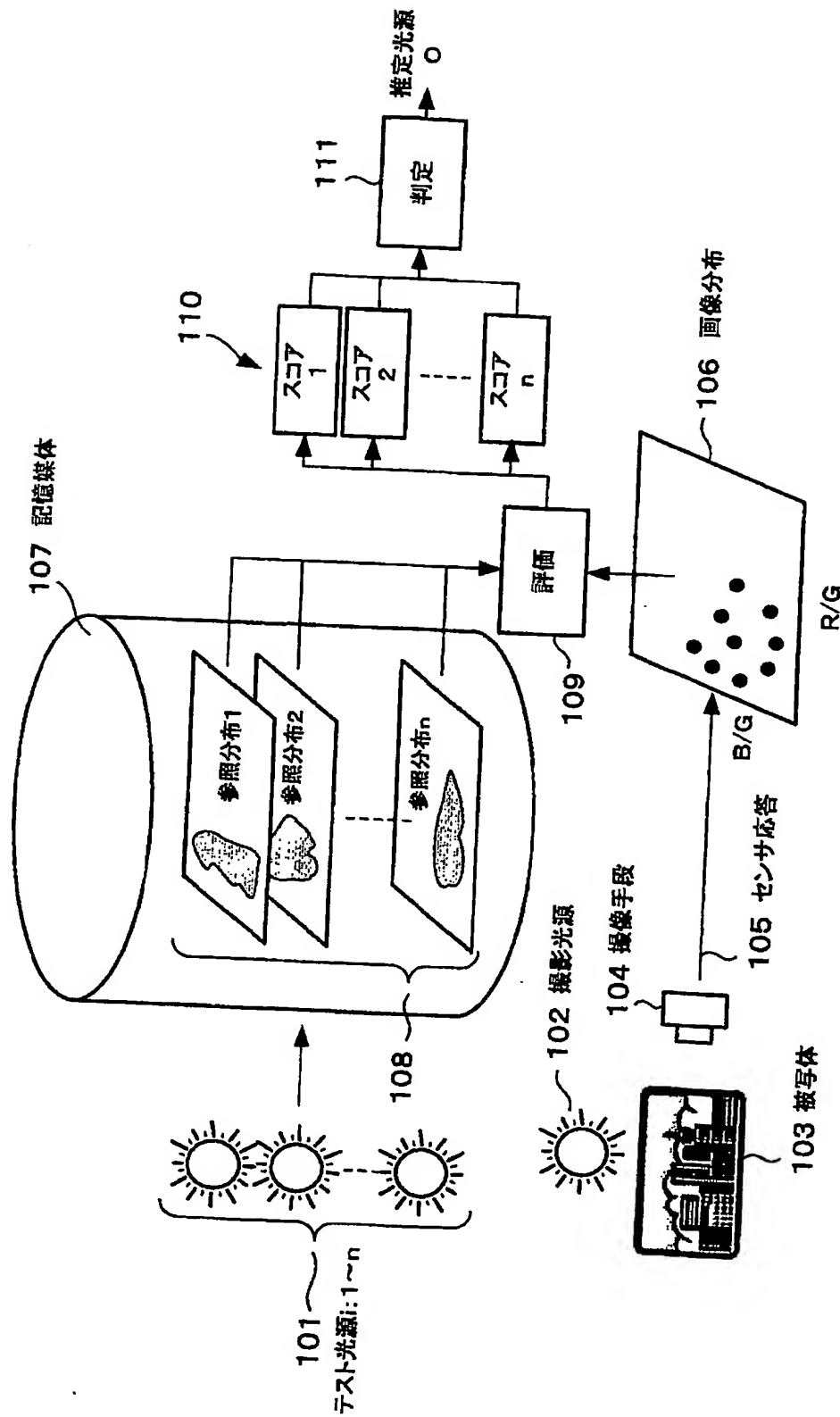


【図 8】



反射率サンプルの分布

【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ホワイトバランス調整などの色再現品質を向上するため、センサ応答から撮影シーンの未知の光源の色特性を推定する光源推定装置、光源推定方法、撮像装置および画像処理方法を提供する。

【解決手段】 光源推定方法は、センサ応答値 5 に対して、既知である撮像手段 4 の分光感度特性と仮定したテスト光源 1 の分光特性とから測色的に近似可能な演算により得られるパラメータを用いた投影変換部 6 において、撮影光源 2 に依存しない評価空間の画像分布 9 へ投影し、評価部 10 によりその投影されたシーンのサンプル値の分布状態に基づいて複数のテスト光源 1 についての正答性を評価することによって正しい撮影光源 2 を推定する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-328719
受付番号	50201708431
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0093
作成日	平成14年11月13日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000002185
【住所又は居所】	東京都品川区北品川6丁目7番35号
【氏名又は名称】	ソニー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100122884
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル 信友国際特許事務所
【氏名又は名称】	角田 芳末

【選任した代理人】

【識別番号】	100113516
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿1丁目8番1号 新宿ビル 松隈特許事務所
【氏名又は名称】	磯山 弘信

次頁無

特願 2002-328719

出願人履歴情報

識別番号

[000002185]

1. 変更年月日
[変更理由]

1990年 8月30日

新規登録

住 所
氏 名

東京都品川区北品川6丁目7番35号
ソニー株式会社